

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-172766
(P2001-172766A)

(43)公開日 平成13年6月26日(2001.6.26)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
C 2 3 C 16/27 14/06		C 2 3 C 16/27 14/06	3 J 0 1 1 F 4 K 0 2 9 M 4 K 0 3 0
F 1 6 C 33/12 33/14		F 1 6 C 33/12 33/14	Z Z
審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 15 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号	特願平11-356856
(22)出願日	平成11年12月16日(1999. 12. 16)

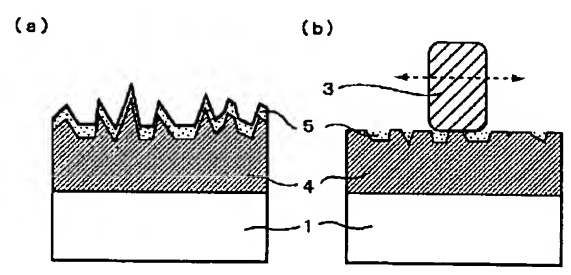
(71)出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(72)発明者	織田 一彦 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
(72)発明者	入江 美紀 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友 電気工業株式会社伊丹製作所内
(74)代理人	100078813 弁理士 上代 哲司 (外2名)
最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 被覆摺動部材

(57)【要約】

【課題】 平滑であれば極めて低い摩擦係数を示すダイヤモンドも、気相合成で得られるダイヤモンド膜の表面は極めて粗く、摩擦係数や相手攻撃性が大きくなるという問題を有していた。本発明は、ダイヤモンドを被覆した表面が粗い場合に、摩擦係数や相手攻撃性が小さい摺動特性を実現する。

【解決手段】 被膜が被覆された摺動部材において、ビッカース硬度またはヌープ硬度が8000より大きい、ダイヤモンド被膜またはダイヤモンド微結晶を30体積%以上含有する被膜からなる下層被膜上に、ヌープ硬度が20以上2000以下の炭素膜、金属膜または化合物膜からなる上層被膜が積層されていることを特徴とする被覆摺動部材。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被膜が被覆された摺動部材において、ビッカース硬度またはヌーブ硬度が8000より大きい、ダイヤモンド被膜またはダイヤモンド微結晶を30体積%以上含有する被膜からなる下層被膜上に、ヌーブ硬度が20以上2000以下の炭素膜、金属膜または化合物膜からなる上層被膜が積層されていることを特徴とする被覆摺動部材。

【請求項2】 前記上層被膜が、炭素、アルミニウム、シリコン、チタン、クロム、鉄、ニッケル、亜鉛、モリブデン、銀、タングステン、金、硫化物、ホウ化物、リン酸塩、炭化物、窒化物、炭窒化物のいずれか1種類以上からなることを特徴とする請求項1に記載の被覆摺動部材。

【請求項3】 前記上層被膜が、1000以上2000以下のヌーブ硬度の硬質炭素膜であることを特徴とする請求項1～請求項2のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項4】 前記上層被膜の膜厚が、0.1 μ m以上2.0 μ m以下であることを特徴とする請求項1～請求項3のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項5】 前記上層被膜の膜厚が、上層被膜の平均表面粗さRa以上であり上層被膜の最大表面粗さRmax以下であることを特徴とする請求項1～請求項4のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項6】 前記下層被膜の厚さが0.5 μ m以上3 μ m以下であることを特徴とする請求項1～請求項5のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項7】 前記上層被膜の平均表面粗さRaが0.005 μ m以上0.3 μ m以下であることを特徴とする請求項1～請求項6のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項8】 被覆される母材が、鉄系合金、超硬合金、セラミックス、アルミニウム合金、マグネシウム合金のうちのいずれかであることを特徴とする請求項1～請求項7のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項9】 潤滑下で使用されることを特徴とする請求項1～請求項8のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項10】 エンジンオイル潤滑下で使用されることを特徴とする請求項1～請求項10のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項11】 前記下層被膜が、マイクロ波プラズマCVD法、ECRプラズマCVD法、フィラメントCVD法、燃焼炎法で合成されることを特徴とする請求項1～請求項10のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【請求項12】 前記上層被膜が、マイクロ波プラズマCVD法、ECRプラズマCVD法、フィラメントCVD法、燃焼炎法、スパッタリング法、プラズマCVD法、イオンプレーティング法、カソードアークイオンプレーティング法のいずれかで合成されることを特徴とする請求項1～請求項11のいずれかに記載の被覆摺動部材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、表面コーティングを施した機械部品などの摺動部材に関するものである。

【0002】

【従来の技術】現在工業製品に使用されている摺動部材には、鋼やセラミックス材料など各種材料が使用されている。そして、その多くには、焼付や摩擦抵抗を低減させるための各種試みがなされており、例えば、潤滑剤の使用、摺動面の形状や粗さの最適化、硬化処理、摺動面への被覆処理等が挙げられる。

【0003】摺動面の被覆処理に関しては、クロム処理めっき処理、リン酸塩皮膜処理などが古くから適用されているが、最近では、二硫化モリブデン処理や窒化クロム処理、窒化チタン処理などが注目を浴びている。これらの例として、特開平7-118832号公報、特開昭61-87950号公報、特開平6-57407号公報等が挙げられる。また、特開平6-227882号公報に記載されるように、硬質炭素膜やを摺動部品に適用しようとする試みもなされており、特開平6-227882号公報記載の温水栓やハードディスクなどの磁気記憶媒体など既にいくつかの製品で実用化がなされている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年、電気製品の小型化、携帯化に伴う消費電力低減の動きが著しく、駆動部の摩擦抵抗の低減が大きな課題となっている。また、自動車など輸送用機器分野においても低燃費化が強く叫ばれ、エンジンなどの摺動部における摩擦係数の低減への要求も強い。一方で、高面圧の摺動や駆動部の長寿命化など、耐摩耗性への関心も依然として高いものがある。

【0005】そうしたなか、特開平6-294307号公報に示されるように、摺動部にダイヤモンドを適用しようという試みもなされているが、ダイヤモンドは高額であると同時に研磨コストが高く、機械部品として普及することを阻んできた。

【0006】一般に、摩擦摩耗において表面粗さは耐摩耗性や摩擦係数に大きく影響を及ぼす。平滑であれば極めて低い摩擦係数を示すダイヤモンドも、例えば気相合成で得られるダイヤモンド膜の表面は極めて粗く、摩擦係数や相手攻撃性が大きくなるという問題を有していた。図1は、従来のダイヤモンド被膜を被覆した摺動部材の摺動前(a)、及び摺動後(b)の断面概略図である。本発明は、ダイヤモンドを被覆した表面が粗い場合に、摩擦係数や相手攻撃性が小さい摺動特性を実現する事を目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明では、ダイヤモンド、あるいはダイヤモンド微結晶を含む被膜を被覆した部材の摩擦係数を低減するべく、次のものを提案する。

【0008】被膜が被覆された摺動部材において、ビッ

カース硬度8000より大きいダイヤモンド被膜、またはダイヤモンド微結晶を30体積%以上含有する下層被膜を形成しさらに、この下層被膜上にヌープ硬度が20以上2000以下である炭素膜または金属膜または化合物膜からなる上層被膜が積層されていることを特徴とする被覆摺動部材である。

【0009】ダイヤモンド被膜、あるいはダイヤモンド微結晶を30体積%以上含有する被膜は、一般に耐摩耗性が優れ、また摩擦係数も低い。ダイヤモンド微結晶を含有する割合が30体積%より小さい被膜は、8000以下の硬度となりやすく硬度が小さいために耐摩耗性が劣り、摩擦係数も高くなる。一方、ダイヤモンド被膜、あるいはダイヤモンド微結晶を30体積%以上含有する被膜であっても、基材が粗かったり、被膜そのものが粗い場合には、摩擦係数と相手攻撃性が大きくなる。これを防ぐため、この上層に、ヌープ硬度が20以上2000以下の炭素膜または金属膜または化合物膜を積層することとした。

【0010】図2に本発明による摺動部材の、摺動前(a)、及び摺動後(b)の断面概略図を示す。炭素膜または金属膜または化合物膜の上層被膜は、摺動の初期に凸の部分から磨耗され、短時間で凸部が平滑になる。凸部が平坦化するに伴い、下層被膜が部分的に表層に現れる。上層被膜は、硬度が高い下層被膜よりやや凹となり、相手材と固体接触するのは逆にやや凸となり残った下層被膜の部分が主となる。全体的には表面は平滑になるため、相手攻撃性は小さく、固体接触するダイヤモンドの効果で摩擦係数は小さくなる。

【0011】炭素膜、金属膜または化合物膜の上層被膜のヌープ硬度は、2000より大きいとでは硬すぎて摺動による平滑化に時間がかかり好ましくない。ヌープ硬度が20より小さい場合には、柔らかすぎて簡単に除去されてしまう。

【0012】膜のヌープ硬度、ビッカース硬度は、あらかじめ単層で得られた膜の硬さで成膜条件を設定するのが一般的である。積層した後のそれぞれの膜の硬さを測定するには、膜表面を斜めに研磨するかまたはボール膜厚計による研磨を行なうことで、各層のヌープ硬度を測定することが出来る。また、下層被膜のダイヤモンド微結晶の割合は、透過型電子顕微鏡による画像から求めることが出来る。

【0013】上層被膜に適用される材料は、炭素、アルミニウム、シリコン、チタン、クロム、鉄、ニッケル、亜鉛、モリブデン、銀、タングステン、金、二硫化モリブデン等の硫化物、ホウ化チタン等のホウ化物、リン酸マンガンなどのリン酸塩、炭化チタン、窒化チタン、炭窒化チタン、窒化チタンアルミニウム、窒化クロムなどの炭化物、窒化物、炭窒化物のいずれか1種類以上を用いることが好ましい。

【0014】さらに好ましくは、上層被膜のヌープ硬度

が1000以上2000以下の硬質炭素膜である場合である。硬質炭素膜そのものが優れた摺動性を有するからである。ここで、硬質炭素膜の硬さが、ヌープ硬度の値が2000より大きいと、前述のように硬すぎて摺動による平滑化に時間がかかり好ましくない。ヌープ硬度が1000より小さくても十分に効果があるが、耐摩耗性において特に好ましい領域がヌープ硬度1000以上である。

【0015】膜厚に関しては、上層被膜の炭素膜、金属膜または化合物膜は、一般に0.1 μ m以上2.0 μ m以下であることが好ましい。0.1 μ mより小さい膜厚では薄すぎるので凸部の平滑化の機能を十分に果たせなく、2.0 μ mより大きいと被覆処理のコストが大きくなるためである。

【0016】さらに望ましくは、上層被膜の炭素膜、金属膜または化合物膜の膜厚は、上層被膜の平均表面粗さRa以上であり上層被膜の最大表面粗さRmax以下が好ましい。ここで、厳密には平均表面粗さRaと最大表面粗さRmaxは、上層被膜を被覆する前の下層被膜の表面粗さで規定してもよいが、上層被膜を炭素膜または金属膜または化合物膜を被覆した後の粗さで規定しても大きくは変わらない。上層被膜の膜厚が、上層被膜の平均表面粗さRaより小さい場合、薄すぎて凸部の平滑化の機能を十分に果たせなく、上層被膜の最大表面粗さRmaxより大きい場合、摺動特性に優れた下層被膜のダイヤモンドの効果が現れにくいためである。

【0017】また、ダイヤモンド被膜またはダイヤモンド微結晶を30体積%以上含有する下層被膜の厚さは、任意の厚さが適用できるが、好ましくは0.5 μ m以上3 μ m以下であることが望ましい。膜厚が3 μ mを越えると、表面粗さが大きくなり摺動部材として不利になることと、製造コストが高くなることがあげられる。膜厚が0.5 μ mより小さくなると、ダイヤモンド結晶が島状にばらばらに離れた状態となりやすく、膜として母材全体を覆うことが困難になることがあるためである。ただし、この範囲より下層被膜が厚い場合でも、あるいは薄い場合でも、十分に効果は認められる。

【0018】上層被膜の表面粗さは、平均表面粗さRaが0.005 μ m以上0.3 μ m以下であるものが最適である。この表面粗さは、下層被膜を被覆した段階の粗さでもよいが、上層の炭素膜または金属膜または化合物膜を被覆した後の粗さで規定しても大きくは変わらない。上層被膜の平均表面粗さRaが下限の0.005 μ mよりも小さい場合、下層被膜の表面は十分に粗さが小さいことになるので、平滑化を目的とする炭素膜または金属膜または化合物膜を上層に被覆する必要は特にはない。上層被膜の平均表面粗さRaが0.3 μ mより大きくても、本発明による下層被膜、上層被膜を被覆すると、摩耗や摩擦係数を小さくする効果は十分ある。しかし、あらかじめ基材の粗さを十分に小さくするなどし

て、できるかぎり平均表面粗さRaを0.3 μ m以下にした方がより効果的である。さらに下層被膜を成膜後、または上層被膜を成膜後に研磨工程を追加して面粗さを小さくしてもよい。なお、より好ましくは、平均表面粗さRaが0.1 μ m以下、さらに好ましくはRa0.05 μ m以下であることが好ましい。

【0019】これらの被覆摺動部材の母材としては、各種鋼材、WC基の超硬合金、あるいは窒化硅素、炭化硅素、酸化アルミ、酸化ジルコニウムなどをベースにした各種セラミックス、アルミニウム合金、マグネシウム合金等が最適である。

【0020】膜の構造においては、下層被膜と母材との間に、密着性の向上や、母材硬度の向上を目的として、さらに中間層をもうけることもできる。その中間層の例としては、シリコン、炭化ケイ素、炭化チタン、炭化タングステンなどが挙げられる。

【0021】各種鋼材、アルミニウム合金、マグネシウム合金等、基材上に直接にダイヤモンドの合成が困難な場合は、別の基材にあらかじめ気相合成ダイヤを合成したのちにこのダイヤ膜を取りだし目的の基材上にろう付けなどの手法で張り付けてもよい。

【0022】使用環境としては、潤滑下、無潤滑下いずれの環境下でも効果がある。しかし、摩擦係数の差が現れにくい液体潤滑下でその効果は顕著となる。液体潤滑下でも、自動車エンジンオイルや機械油をはじめとする油潤滑下で使用すると摩擦損失の低減に極めて効果が大い。

【0023】具体的な適用対象としては、高速摺動、高面圧摺動の部品に適する。紡績・繊維関係では、家庭用・工業用ミシンの釜や、糸道、各種軸受などの高速摺動部品に適する。OA機器では、レーザープリンタなどのOA機器の高速軸受などが挙げられる。家電では、冷蔵庫やエアコンのコンプレッサ部品などの高面圧部品に適する。自動車などの輸送機器においては、エンジン部品が挙げられ、ピストンやクランクシャフトなどの主運動系、カムとロッカーアーム・シム・リフター、バルブとバルブシートなどの動弁系部品、プランジャーなどの燃料噴射ポンプ周辺部品などが挙げられる。また、本構造の被膜は、摺動部品以外の分野、例えば、工具や金型等にも適用しても、耐摩耗性等の点で十分に効果を発揮する。

【0024】ダイヤモンド被膜の下層被膜は、マイクロ波プラズマCVD法、ECRプラズマCVD法、フィラメントCVD法、燃焼炎法などの気相合成法で得られるものが好ましい。また、ダイヤモンド微結晶を30体積%以上含有する下層被膜も、マイクロ波プラズマCVD法、ECRプラズマCVD法、フィラメントCVD法、燃焼炎法などの気相合成法で得られるものが好ましく、この場合、ダイヤモンド以外の部分は、非晶質の炭素やグラファイトなどの相で形成される。

【0025】また、後者のダイヤモンド微結晶を30体積%以上含有する被膜は、高圧合成法などによるダイヤモンド微粒を30体積%以上含有させた複合材料でもよく、複合化に用いるマトリクス材料としては、樹脂や金属、セラミックス等が適用できる。基材上に直接にダイヤモンドの合成が困難な場合は、別に合成したダイヤを目的の基材上にろう付けなどの手法で張り付けてもよい。

【0026】上層被膜が金属膜または化合物膜の場合は、スパッタリング法、各種プラズマCVD法、イオンプレーティング法、カソードアークイオンプレーティング法、真空蒸着法、レーザーアブレーション法、イオンビームスパッタ法等の公知の方法で成膜することができる。

【0027】また上層被膜が炭素膜の場合、結晶質ダイヤモンド薄膜の合成に適用されているマイクロ波プラズマCVD法、ECRプラズマCVD法、フィラメントCVD法、燃焼炎法等のほかに、高周波や直流電圧、パルス直流電圧、ホロカソード、ホットカソードを適用したアークなどの各種プラズマ源を用いたプラズマCVD法、炭素または炭化水素イオンを用いるイオンビーム蒸着法、固体炭素源からスパッタリングやアーク放電、レーザー照射にて炭素を気化し基体上に成膜する手法等が適用できる。なお、密着性の観点からは、下層被膜と上層被膜の炭素膜、金属膜または化合物膜とを連続的に処理することが望ましい。

【0028】

【発明の実施の形態】本発明の具体的な実施の形態については実施例で示すが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0029】

【実施例】(実施例1)フィラメントCVD法により、超硬合金基材上に膜厚2 μ mの気相合成ダイヤモンドを析出させた。この気相合成ダイヤモンドのヌープ硬度は8000より大きかった。この表面に表1に示す各種成膜方法で各種被膜を形成した。また比較のため、上層被膜を積層しない単層のダイヤモンド膜も作製した。

【0030】得られた積層被膜につき、ピン・オン・ディスク法による摩擦摩耗試験を行なった。雰囲気は、軽油中および機械油の滴下による潤滑とし、積層膜をディスク、相手材は先端曲率半径R3mmのSUJ2製ピン、加重10N、回転速度500rpm(摺動速度100mm/sec)、回転回数1万回とした。1万回の摺動試験終了時に摩擦係数を、摺動試験後に、相手材ピンの磨耗痕の直径を測定した。結果を表2にまとめる。

【0031】表面が粗い単層のダイヤモンドは、摩擦係数が低く、相手攻撃性が非常に高い。しかし、上層に各種の被覆することで、摩擦係数は低下し、相手攻撃性が低減する。しかし、硬度が3200の窒化チタンアルミニウムを被覆したものは、大きな摩擦係数と相手攻撃性

を示した。
【0032】

【表1】

No.	基 材	下 層 被 膜				上 層 被 膜				試験前の表面粗さ	
		膜	膜硬さ	膜厚 (μm)	製 法	膜	膜硬さ	膜厚 (μm)	製 法	Ra (μm)	Rmax (μm)
比較例	1-1	超硬合金	>8000	1.5	アーク被覆法	—	—	—	—	0.40	1.3
比較例	1-2	超硬合金	>8000	1.5	アーク被覆法	窒化タングステン	3200	0.4	アーク被覆法	0.31	1.1
実施例	1-1	超硬合金	>8000	1.5	アーク被覆法	炭素	500	0.6	アーク被覆法	0.35	1.2
実施例	1-2	超硬合金	>8000	1.5	アーク被覆法	鉄	100	0.5	アーク被覆法	0.32	1.3
実施例	1-3	超硬合金	>8000	1.5	アーク被覆法	金	25	0.5	RFプラズマ法	0.36	1.3
実施例	1-4	超硬合金	>8000	1.5	アーク被覆法	二酸化ケイ素	40	0.6	アーク被覆法	0.33	1.2
実施例	1-5	超硬合金	>8000	1.5	アーク被覆法	窒化タンタル	930	0.5	イオンビーム法	0.35	1.1
実施例	1-6	超硬合金	>8000	1.5	アーク被覆法	窒化タンタル	220	0.5	アーク被覆法	0.33	1.3
実施例	1-7	超硬合金	>8000	1.5	アーク被覆法	窒化タングステン	1700	0.4	アーク被覆法	0.35	1.3
実施例	1-8	超硬合金	>8000	1.5	アーク被覆法	窒化タングステン	1800	0.4	アーク被覆法	0.31	1.2
実施例	1-9	超硬合金	>8000	1.5	アーク被覆法	炭素化タンタル	1900	0.5	アーク被覆法	0.35	1.3

【0033】

【表2】

No.		ピン・オン・ディスク試験			
		軽油中		機械油滴下	
		摩擦係数	相手摩耗径 (μm)	摩擦係数	相手摩耗径 (μm)
比較例	1-1	0.26	1450	0.059	1320
比較例	1-2	0.31	720	0.055	680
実施例	1-1	0.18	250	0.034	250
実施例	1-2	0.22	350	0.038	310
実施例	1-3	0.21	320	0.033	290
実施例	1-4	0.13	290	0.031	280
実施例	1-5	0.18	330	0.035	290
実施例	1-6	0.16	360	0.038	330
実施例	1-7	0.21	350	0.039	330
実施例	1-8	0.23	370	0.039	350
実施例	1-9	0.22	390	0.040	360

【0034】（実施例2）マイクロ波プラズマCVD法により、窒化硅素基材上に膜厚 $2\mu\text{m}$ のダイヤモンド微結晶含有膜を析出させた。このダイヤモンド微結晶含有膜のヌーブ硬度は8000より大きかった。透過型電子顕微鏡によりこの膜におけるダイヤモンド微結晶の割合を測定した結果、40体積％がダイヤモンド微結晶であった。この下層被膜の表面に表3に示す各種硬度の硬質炭素膜を形成した。

【0035】得られた積層被膜につき、ピン・オン・ディスク法による摩擦摩耗試験を行なった。雰囲気は、乾式大気中およびエンジンオイル10W-40SHの滴下による潤滑とし、実施例1と同じ方法で摺動試験を行なった。比較のため、未コートの窒化硅素基材とダイヤモンド被膜のみ処理した試験片についても試験を行なった。結果を表4に示す。上層被膜に硬質炭素膜を積層することで、摩擦係数と相手摩耗量が小さくなることがわかる。特に、上層の硬質炭素膜のヌーブ硬度が、1000以上2000以下でその傾向は顕著である。

【0036】

【表3】

【0037】

【表4】

No.	基 材	下 層 被 膜				上 層 被 膜				結晶部の表面粗さ	
		膜	膜厚 (μm)	膜 法	膜	膜厚 (μm)	膜 法	膜	膜厚 (μm)	Ra (μm)	Rmax (μm)
実施例 2-10	窒化珪素	ダイヤモンド微結晶含有膜	2	プラズマ CVD 法	窒化珪素膜	0.5	RF プラズマ CVD 法	窒化珪素膜	0.5	0.42	1.5
実施例 2-11	窒化珪素	ダイヤモンド微結晶含有膜	2	プラズマ CVD 法	窒化珪素膜	0.5	RF プラズマ CVD 法	窒化珪素膜	0.5	0.39	1.3
実施例 2-12	窒化珪素	ダイヤモンド微結晶含有膜	2	プラズマ CVD 法	窒化珪素膜	0.5	RF プラズマ CVD 法	窒化珪素膜	0.5	0.44	1.6
比較例 2-4	窒化珪素	ダイヤモンド微結晶含有膜	2	プラズマ CVD 法	窒化珪素膜	0.5	RF プラズマ CVD 法	窒化珪素膜	0.5	0.40	1.4
比較例 2-5	窒化珪素	—	—	—	—	—	—	—	—	0.10	0.5
比較例 2-6	窒化珪素	ダイヤモンド微結晶含有膜	2	プラズマ CVD 法	窒化珪素膜	—	—	—	—	0.45	1.2

No.		ピン・オン・ディスク試験				備 考
		乾 式		エンジンオイル滴下		
		摩擦係数	相手摩耗直径 (μm)	摩擦係数	相手摩耗直径 (μm)	
実施例	2-10	0.18	580	0.042	540	
実施例	2-11	0.15	350	0.033	230	
実施例	2-12	0.12	330	0.032	260	
比較例	2-4	0.17	880	0.032	720	
比較例	2-5	0.29	750	0.058	720	未コート
比較例	2-6	0.27	1500	0.060	1440	

【0038】(実施例3) ECRプラズマCVD法により、超硬合金基材上に膜厚 $2\mu\text{m}$ の気相合成ダイヤモンドを析出させた。この気相合成ダイヤモンドのヌープ硬度は8000より大きかった。この表面に表5に示す各種膜厚の硬質炭素膜を形成した。

【0039】得られた積層被膜につき、ピン・オン・ディスク法による摩擦摩耗試験を行なった。雰囲気は、乾式大気中およびエンジンオイル10W-40SHの滴下による潤滑とし、実施例1と同じ方法で摺動試験を行なった。結果を表6に示す。上層の硬質炭素膜の膜厚が 0.1μ 以上 $2\mu\text{m}$ 以下で摩擦係数や相手攻撃性が小さいことがわかる。また特に、硬質炭素膜の膜厚が表面粗さRa以上Rmax以下でその傾向は顕著になる。

【0040】

【表5】

【0041】

【表6】

No.	基 材	下 層 被 膜			上 層 被 膜			研磨後の表面粗さ	
		膜	膜厚 (μm)	膜厚 硬度	膜	膜厚 (μm)	膜厚 硬度	Ra (μm)	Rmax (μm)
実施例 3-13	超硬合金	ダイヤモンド	2	>8000	硬質炭素膜	2	ECRプラズマCVD法	0.39	1.6
実施例 3-14	超硬合金	ダイヤモンド	2	>8000	硬質炭素膜	2	ECRプラズマCVD法	0.35	1.6
実施例 3-15	超硬合金	ダイヤモンド	2	>8000	硬質炭素膜	2	ECRプラズマCVD法	0.41	1.8
実施例 3-16	超硬合金	ダイヤモンド	2	>8000	硬質炭素膜	2	ECRプラズマCVD法	0.44	2.3
実施例 3-17	超硬合金	ダイヤモンド	2	>8000	硬質炭素膜	2	ECRプラズマCVD法	0.44	2.1

No.		ピン・オン・ディスク試験			
		乾 式		エンジンオイル滴下	
		摩擦係数	相手摩耗面直径 (μm)	摩擦係数	相手摩耗面直径 (μm)
実施例	3-13	0.25	590	0.058	540
実施例	3-14	0.16	430	0.041	450
実施例	3-15	0.13	260	0.033	280
実施例	3-16	0.12	320	0.039	230
実施例	3-17	0.17	390	0.051	290

【0042】(実施例4) マイクロ波プラズマCVD法により、窒化硅素基材上に膜厚1.5 μm の気相合成ダイヤモンドを析出させた。この気相合成ダイヤモンドのヌーブ硬度は8000より大きかった。この表面に表7に示す各種膜厚の二硫化モリブデン被膜を形成した。

【0043】得られた積層被膜につき、ピン・オン・ディスク法による摩擦摩耗試験を行なった。雰囲気は、軽油中およびエンジンオイル10W-40SHの滴下による潤滑とし、実施例1と同じ方法で摺動試験を行なった。結果を表8に示す。上層の二硫化モリブデン被膜の膜厚が0.1 μ 以上2 μm 以下で摩擦係数や相手攻撃性が小さいことがわかる。また特に、二硫化モリブデン被膜の膜厚が表面粗さRa以上Rmax以下でその傾向は顕著になる。

【0044】

【表7】

No.		ピン・オン・ディスク試験			
		軽油中		エンジンオイル滴下	
		摩擦係数	相手摩耗径 (μm)	摩擦係数	相手摩耗径 (μm)
実施例	4-18	0.26	480	0.040	460
実施例	4-19	0.18	380	0.036	360
実施例	4-20	0.16	340	0.035	310
実施例	4-21	0.11	310	0.036	280
実施例	4-22	0.12	280	0.051	290

【0046】(実施例5)フィラメントCVD法により、炭化硅素基材上に表9に示す各種膜厚の気相合成ダイヤモンドを析出させた。この気相合成ダイヤモンドのヌープ硬度は8000より大きかった。この表面にヌープ硬度1500の硬質炭素膜を膜厚0.8 μm の厚さで積層した。また、膜厚4 μm のダイヤモンド被膜を下層に、上層硬質炭素膜を積層にしたものの一つは、硬質炭素膜表面から研磨を行ない、表面粗さを小さくして試験に供試した。

【0047】得られた積層被膜につき、ピン・オン・ディスク法による摩擦摩耗試験を行なった。雰囲気は、乾式大気中および機械油の滴下による潤滑とし、実施例1と同じ方法で摺動試験を行なった。結果を表10に示す。下層のダイヤモンド被膜の膜厚が0.5 μm 以上3 μm 以下で摩擦係数や相手攻撃性が小さいことがわかる。また、下層のダイヤモンド膜の膜厚が厚くても、硬質炭素膜を積層後に研磨することで、摩擦係数と相手攻撃性の低減が見られた。この研磨はダイヤモンド被膜そのものを研磨するより容易であった。

【0048】

【表9】

【0049】

【表10】

No.	基 材	下 層 被 膜				上 層 被 膜				試験前の表面粗さ	
		膜	γ-γ硬度	膜厚 (μm)	製 法	膜	3-γ 硬度	膜厚 (μm)	製 法	Ra (μm)	Rmax (μm)
実施例 5-23	炭化硅素	γ-γ代ド	>8000	0.3	7/5分CVD法	硬質炭素膜	1500	0.8	初ド7分法	0.21	0.4
実施例 5-24	炭化硅素	γ-γ代ド	>8000	0.8	7/5分CVD法	硬質炭素膜	1500	0.8	初ド7分法	0.33	0.7
実施例 5-25	炭化硅素	γ-γ代ド	>8000	2.8	7/5分CVD法	硬質炭素膜	1500	0.8	初ド7分法	0.48	1.9
実施例 5-26	炭化硅素	γ-γ代ド	>8000	4.0	7/5分CVD法	硬質炭素膜	1500	0.8	初ド7分法	0.72	2.5
実施例 5-27	炭化硅素	γ-γ代ド	>8000	4.0	7/5分CVD法	硬質炭素膜	1500	0.8	初ド7分法	0.15	0.5

No.		ピン・オン・ディスク試験				備 考
		乾 式		機械油中滴下		
		摩擦係数	相手摩耗面直径 (μm)	摩擦係数	相手摩耗面直径 (μm)	
実施例	5-23	0.13	260	0.056	280	
実施例	5-24	0.13	260	0.035	310	
実施例	5-25	0.16	380	0.038	340	
実施例	5-26	0.29	460	0.052	540	
実施例	5-27	0.12	290	0.032	220	研磨あり

【0050】（実施例6）窒化珪素製のプランジャーの外周に実施例2-11の処理を施した。実施例2-11の処理を施したプランジャーは、コーティング処理の無いものに対して80倍の時間、安定して作動した。

【0051】（実施例7）窒化珪素製の軸の外周に、実施例4-20の被覆を施した。これを窒化珪素製の軸受と組み合わせて使用したところ、実施例4-20の軸と摺動した軸受は、未コート軸と摺動した軸受の1/20の摩耗量であった。

【0052】（実施例8）ステンレス製の加工品が搬送される超硬合金製の搬送用レールに、実施例1-7と比較例1-2の被覆処理を施した。これらを実際に使用したところ、未コートのレールでは滑りが悪く製品の流れが滞るという問題が発生した。比較例1-2の処理のレールでは、製品の流れはスムーズであったが、製品のすべり面の傷による不良率が20%を超えた。一方実施例1-7のレールでは、製品の流れはスムーズで、傷の発生も極めて少なく傷による不良率は1%以下であった。

【0053】（実施例9）続いて、エンジンの動弁系の窒化珪素製のシムのカムとの摺動面に、実施例2-12と比較例2-6の処理を施した。実施例2-12の処理

のリフターは、未コートのリフターに対し5割、比較例2-6の処理のリフターに対し4割の摩擦抵抗の低減が確認された。また、カムの磨耗に関しても、未コートの約半分、比較例2-6の5分の1であった。

【0054】

【発明の効果】本発明によれば、摺動部材においてダイヤモンド被膜あるいはダイヤモンド微結晶を30体積%以上含有する被膜を被覆した表面が粗い場合に、摩擦係数や相手攻撃性が小さい摺動特性を実現することができ有用である。

【図面の簡単な説明】

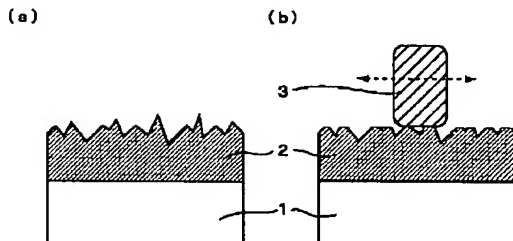
【図1】ダイヤモンド被膜のみを被覆した摺動部材の摺動前及び摺動後の断面概略図である。

【図2】本発明による摺動部材の摺動前及び摺動後の断面概略図である。

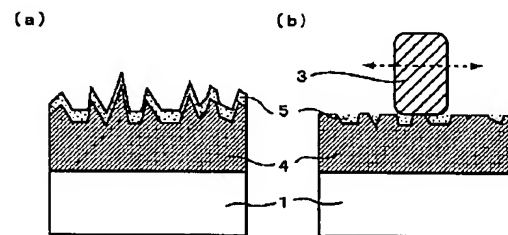
【符号の説明】

- 1 基材
- 2 ダイヤモンド被膜
- 3 相手材
- 4 下層被膜
- 5 上層被膜

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷
F16C 33/24

識別記号

FI
F16C 33/24

テームコード（参考）
Z

(72)発明者 大原 久典
兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友
電気工業株式会社伊丹製作所内

F ターム(参考) 3J011 DA02 QA04 SB02 SB04 SB05
SB12 SB13 SB15 SB20 SD01
SE02 SE10
4K029 AA02 AA04 BA01 BA03 BA04
BA05 BA07 BA09 BA11 BA12
BA17 BA18 BA34 BA35 BA41
BA51 BA53 BA54 BA55 BA58
BB00 BB02 BB07 BC02 BD04
CA03 CA05 EA01
4K030 BA01 BA02 BA06 BA07 BA12
BA14 BA18 BA20 BA21 BA28
BA29 BA35 BA36 BA38 BA41
BA49 BA50 BB13 CA02 CA03
CA05 FA01 FA02 FA10 LA23